

Des innovations pour les enjeux multiples des productions vivrières et maraîchères des Antilles.

**Bussière F.¹, Cabidoche Y.M.¹, Pétro D.¹, Sierra J.¹, Cornet D.², Guyader S.¹, Ozier-Lafontaine H.¹,
Tournebize R.¹, Arnau G.³, Pavis C.¹**

¹ INRA UR 1321 ASTRO AgroSystèmes TROPICAUX, F-97170 Petit-Bourg (Guadeloupe) France

² CIRAD UMR AGAP, UR ASTRO, Domaine Duclos, F-97170 Petit-Bourg (Guadeloupe) France

³ CIRAD UMR AGAP, Roujol, F-97170 Petit-Bourg (Guadeloupe) France

Correspondance : francois.bussiere@antilles.inra.fr

Résumé

Produire durablement en milieu tropical humide impose de nombreux challenges à l'agriculture : il faut atténuer les contraintes liées aux sols et au climat, lutter contre la pression de maladies et ravageurs, répondre aux besoins nutritionnels des plantes tout en économisant les ressources du milieu et en limitant les intrants onéreux, le plus souvent mal adaptés et potentiellement polluants. L'INRA a, dès le début des années 80, mis en place des recherches et proposé des innovations pour tenter d'apporter des réponses spécifiques aux problèmes rencontrés au sein des milieux et des cultures tropicales. La transposition de résultats acquis ailleurs ayant montré ses limites, les réponses ont été élaborées grâce à la compréhension du fonctionnement des systèmes et ont consisté à orienter avec prudence le fonctionnement des sols par les amendements et la gestion de la matière organique, maintenir des conditions favorables à la nutrition et la protection des cultures par l'utilisation de paillages et de plantes associées ou développer des procédés de lutte biologiques et de nouvelles variétés. Des innovations réalisées dans ces domaines pour les cultures vivrières et maraîchères de Guadeloupe et Martinique sont présentées et discutées. Pour répondre aux nouveaux enjeux du développement agricole, le gain apporté par la capitalisation des connaissances apparaît clairement et plaide pour un meilleur partage entre les acteurs.

Mots-clés : Paillages, Cultures associées, matière organique, résistances durables, offre variétale, gestion des ressources

Abstract: Innovations for the multiple challenges of food and vegetable crop production in the Caribbean

Sustainable agricultural production in the humid tropics leads to several challenges as limitation of soil and climate constraints, mitigation of diseases and pests impacts, improving sustainable access to resources avoiding potentially polluting and expensive inputs. From the beginning of the eighties' INRA initiated researches programmes and proposed several specific answers to new challenges of tropical crops and environments. As simple technological transfers showed their limits in tropical conditions, specific knowledge was developed on soil liming, irrigation and organic matter management, plant nutrition and protection by mulches, intercropping as well as plant breeding and biological control. Several innovations designed for Guadeloupe and Martinique are presented and discussed. In order to answer more efficiently to present needs in agriculture a better organisation and communication between research, extension and farmers is needed

Keywords: breeding, mulches, intercrops, organic matter, sustainable resistances, resources management

Introduction

Dans un contexte de fortes contraintes environnementales et sanitaires pour des espèces cultivées parfois mal connues car peu étudiées par la recherche, répondre aux attentes d'une agriculture fortement diversifiée implique, pour la recherche agronomique, des choix et une stratégie adaptés. En effet, si l'augmentation de la productivité reste une priorité en zone tropicale, l'amélioration de l'adaptation des cultures vivrières aux contraintes du milieu en est le corollaire indispensable. Apporter des réponses à moyen terme aux problèmes rencontrés par ces cultures nécessite le plus souvent des études spécifiques, la transposition de réponses venues d'ailleurs ayant à plusieurs reprises montré ses limites. La recherche agronomique a progressivement évolué dans ce sens, passant de plus en plus souvent d'une recherche de solutions dans l'urgence à l'organisation d'une recherche pluridisciplinaire de fond sur l'identification et la compréhension des mécanismes mis en jeu. L'évaluation *a priori* des effets bénéfiques et des contraintes des environnements physique et biologique des Antilles sur les cultures vivrières et maraîchères, permet de situer les travaux réalisés et plaide pour le développement de recherches dont le champ d'application dépasse le plus souvent les besoins d'une filière au sens strict. Nous illustrons ces démarches et réalisations en évoquant dans un premier temps un certain nombre de travaux d'amélioration variétale et de lutte contre les bioagresseurs pour la culture d'igname et quelques autres espèces (tomate, patate douce, pomme de terre, ornementales). Dans un second temps sont illustrés les apports des recherches de périmètre plus large visant la maîtrise des risques et contraintes liées aux sols, et le développement de pratiques agroécologiques.

Quelques rappels du contexte agricole des Antilles

Le milieu tropical humide présente des conditions environnementales favorables au développement des communautés présentes dans les agrosystèmes : les cultures mais aussi les adventices et les populations de ravageurs ou de pathogènes. Ces conditions et l'environnement naturel permettent le développement dans les parcelles agricoles ou à leur voisinage d'une forte biodiversité qui est préjudiciable lorsqu'elle héberge potentiellement vecteurs de maladies et ravageurs mais peut se révéler aussi porteuse de solutions de lutte biologique.

Un milieu favorable au développement des plantes

Les conditions d'ensoleillement, de température et d'humidité sont favorables au développement rapide des plantes (Figure 1a). Les précipitations sont très variables d'une année à l'autre (Figure 1b). Elles sont le plus souvent générées par des systèmes nuageux de taille réduite, et peuvent être localement de forte intensité et présenter de fortes variabilités spatiales sur des territoires restreints.

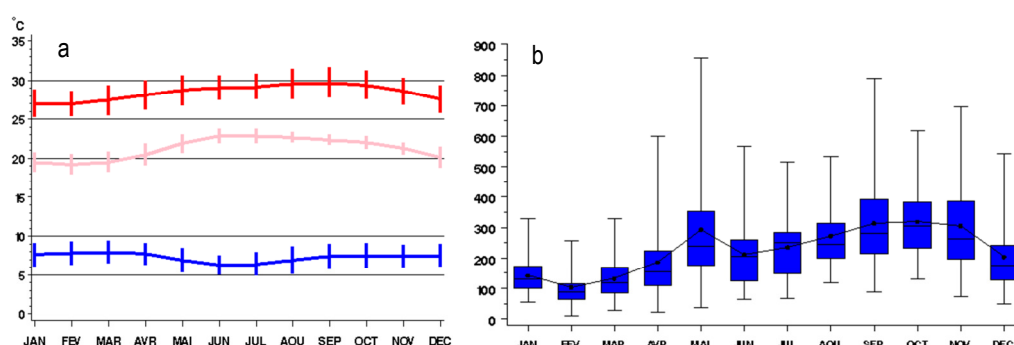


Figure 1 : Variables climatiques mesurées entre 1965 et 2005, au Domaine Duclos de l'INRA, à Petit-Bourg en Guadeloupe. a) Moyennes mensuelles de température de l'air. Les barres verticales représentent 2 écarts-types. De haut en bas : température maximale, moyenne et amplitude journalière. b) Variabilité des précipitations mensuelles (Médiane, Premier et troisième quartile et valeurs extrêmes). La courbe représente la moyenne.

Des sols aux propriétés contrastées

Le sols tropicaux des Antilles possèdent des propriétés contrastées issues des interactions entre l'âge des activités volcaniques et le climat (Figure 2). Certains sont fertiles comme les vertisols, mais très argileux. Ils posent des problèmes de gestion de l'eau et peuvent rapidement passer du manque à l'excès d'eau. Ces argiles, lorsqu'elles sont bien pourvues en magnésium et sodium sont très dispersables, et par conséquent les sols qui les contiennent très susceptibles d'érosion superficielle. Les autres sols assurent une bonne circulation de l'eau, ce qui dans les régimes pluviométriques intenses, peut provoquer le lessivage de minéraux. Leur acidité présente l'avantage d'assurer une bonne stabilité des agrégats, et une faible susceptibilité d'érosion superficielle. Certains ferralsols posent des problème de disponibilité des minéraux pour les plantes, voire de toxicité aluminique dans certaines situations. A ces propriétés de sol très différenciées se superposent les gradients de pluviométrie majoritairement liés au relief. La combinaison de ces deux facteurs définit une grande diversité de situations pédoclimatiques nécessitant des pratiques adaptées pour la production agricole.

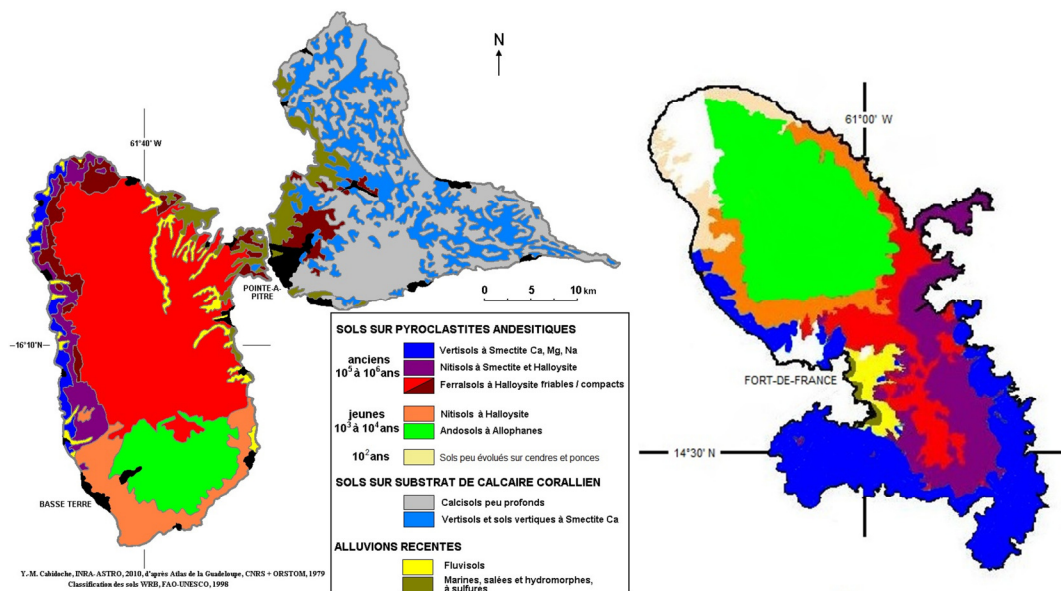


Figure 2 : Cartes schématiques des sols de la Guadeloupe et de la Martinique

Vertisols Mg Na : fertiles, manque d'eau, très érodibles. **Vertisols Ca :** fertiles, manque d'eau, stables. **Ferralsols :** peu fertiles, risques de toxicité Al, drainants, stables. **Nitisols :** fertiles, érodibles si riches en smectite ou après labours. **Andosols :** très fertiles, rétention simultanée des anions (nitrates) et cations, drainants, très stables.

Un milieu favorable aux bioagresseurs

En milieu tropical, les variations climatiques annuelles étant faibles, il y a peu de réduction saisonnière de l'activité biologique. Ces conditions, combinées à des températures et des taux d'humidité de l'air élevés, favorisent un développement continu des populations de bioagresseurs elles même plus diverses qu'en milieu tempéré (Tableau 1). En plus de l'impact direct de la pression parasitaire, ces conditions favorisent les successions rapides de générations et donc les évolutions par mutation et recombinaison des bactéries et champignons, les dotant d'une forte capacité d'adaptation aux évolutions du milieu, aux pesticides utilisés et aux gènes de résistances de leurs plantes-hôtes.

Tableau 1 : Comparaison du nombre de maladies recensées pour des cultures conduites en régions tempérées et tropicales (d'après Swaminathan, 1986)

Culture	Zones tempérées	Zones tropicales
Riz	54	500
Maïs	85	125
Citron	50	248
Tomate	32	278
Haricot	52	250

Une forte diversité des pratiques et des organisations

Les travaux de diagnostics agronomiques et d'enquêtes dans les exploitations agricoles ont mis en évidence la très grande diversité des modes de production quel que soit le niveau d'encadrement des filières (Clermont-Dauphin et al. 2004 ; Defèche, 2005 ; Blazy et al. 2009). Cette diversité rend difficile l'identification des attentes prioritaires d'acteurs n'ayant pas la même logique ni les mêmes jeux de contraintes. Par conséquent, la mise au point d'innovations tenant compte de cette diversité peut s'avérer complexe et nécessite le plus souvent une étude des processus impliqués en amont.

Améliorer les cultures et limiter l'impact des pathogènes

Les nouvelles variétés

La recherche de nouvelles variétés a été initiée très tôt, dès 1965, visant d'abord l'augmentation de la productivité et de la qualité des produits, puis d'autres objectifs comme une meilleure adaptation aux contraintes du milieu et la résistance aux maladies. Recherchées parmi les variétés existantes ou créées localement, ces nouvelles variétés ont été évaluées sur les domaines expérimentaux de l'INRA puis chez des producteurs avant leur diffusion.

Diversifier l'offre et proposer de nouveaux produits

Un travail important a été réalisé sur les trois espèces d'igname les plus cultivées : l'igname africaine (*Dioscorea cayenensis-rotundata*), la cousse-couche du bassin amazonien (*D. trifida*), l'igname originaire du pacifique (*D. alata*). L'évaluation des clones antillais et des échanges dans le cadre de réseaux entre pays africains et divers pays de la Caraïbe ont permis de sélectionner des variétés plus précoces et de créer de nouvelles variétés de *D. cayenensis-rotundata* (Degras 1986). De nouvelles variétés de *D. trifida* ont été créées à partir des variétés de Guadeloupe et Martinique. Leur productivité augmentée initialement de 50 % et la meilleure forme des tubercules (INRA 5-20) étaient prometteuses avant que le développement de maladies virales n'apparaisse comme un problème majeur pour cette espèce. Enfin des efforts de recherche ont particulièrement porté sur *D. alata*. Une partie de ces créations a concerné la diversification de l'offre variétale et nous évoquerons plus loin les créations variétales orientées vers la lutte contre les pathogènes. La création de variétés pour cette espèce a nécessité un travail important en amont pour résoudre les problèmes de floraison ou de stérilité. En amont de la création variétale nous avons dû aussi investir dans l'optimisation des techniques de culture *in vitro* (Arnolin et Degras, 1984, Vaillant et al., 2005) et l'acquisition de connaissances génétiques sur les polyploïdes (Arnau et al. 2009 ; 2010).

Enfin il faut signaler que la recherche de nouvelles variétés a récemment été motivée par les nouvelles attentes en terme de qualité gustative et diététique des aliments pour une nouvelle offre variétale, comme celle de la patate douce peu sucrée (pomme-patate).

Répondre aux contraintes du milieu

Dans notre contexte, la capacité d'adaptation à la chaleur a fait l'objet de recherche pour différentes espèces. Cela a conduit à la création de la variété de tomate Caraïbo. Par ailleurs des variétés de pommes de terre capables de tubériser dans les conditions des Antilles ont été évaluées et identifiées.

De plus, la diversification de l'offre variétale d'igname s'est accompagnée, pour les cultivars de *D. alata* les plus adaptés, de la conception d'un ensemble d'innovations permettant la culture sur de grandes surfaces : mise au point d'une billonneuse-plantuse, assurant la mise en place de parcelles avec un nombre d'interventions mécaniques réduites, culture sans tuteur, récolte mécanique, plans de fertilisation, réduction de la taille des semenceaux et optimisation de la densité de plantation. L'ensemble des innovations sur les ignames a été synthétisé en 2003 dans un « Manuel du planteur » coédité avec les chambres d'agriculture de Guadeloupe et Martinique.

Sécuriser les ressources biologiques pour répondre aux enjeux futurs.

Pour diffuser et créer des variétés il faut pouvoir s'appuyer sur des collections les plus diversifiées possibles. C'est pourquoi la conservation des variétés existantes ou créées dans les programmes de recherche est une priorité pour l'INRA et le CIRAD qui ont décidé de sécuriser la conservation de leurs ressources génétiques dans un centre de Ressources biologiques « plantes tropicales » en Guadeloupe et Martinique. Ce centre héberge en particulier la collection d'ignames de l'INRA.

Pour d'autres cultures maraîchères (tomates, poivron, melons), l'INRA a contribué et participe toujours à des travaux d'identification de résistances et de sélection variétales en collaboration avec les laboratoires INRA détenteurs de ces ressources génétiques. Des variétés de melons résistants aux pucerons et mouches blanches (Boissot et al., 2008 & 2010) ainsi que des tomates et poivrons résistants à différents pathogènes sont identifiées ou en cours de mise au point (Lafortune et al., 2005).

La lutte contre les maladies et ravageurs

Les maladies, qu'elles soient endémiques ou émergentes, c'est-à-dire récemment apparues du fait de l'intensification des échanges entre pays tropicaux, font peser une menace permanente sur les cultures vivrières et maraîchères. La défense des cultures est d'autant plus problématique dans le contexte antillais qu'il n'y avait pas, jusqu'à récemment, d'homologation de produits phytosanitaires pour certaines cultures dites « orphelines » telles que l'igname. Ce contexte contraignant a par conséquent orienté très tôt les recherches vers le développement de pratiques compatibles avec cette situation d'intrants limités en privilégiant l'amélioration variétale, la lutte biologique ou le développement de techniques culturales réduisant indirectement l'impact des maladies.

Des résistances génétiques aux fortunes diverses

La recherche de variétés résistantes est une réponse élégante à une contrainte sanitaire majeure d'une culture. Afin de lutter contre l'anthracnose, maladie de *D. alata* causée par un champignon (*Colletotrichum gloeosporioides*) pouvant entraîner des pertes très importantes, on a recherché des variétés résistantes échangées dans le cadre de coopérations internationales jusqu'en 1992. Depuis cette date, il est devenu plus difficile d'introduire du matériel provenant de l'étranger, du fait des contraintes liées aux conventions internationales sur les ressources génétiques. Actuellement des essais sont en cours par le CIRAD pour des variétés de *D. alata* introduites à partir du Vanuatu, et pour des hybrides créés à partir de ces variétés.

Le champignon a progressivement contourné certaines des résistances de la plante-hôte (cas de la variété Tahiti). Parfois la résistance a été contournée rapidement, l'exemple le plus significatif étant celui de la variété Plimbite introduite comme résistante dans les années 1980 et devenue sensible à l'anthracnose dès 1989 (Tableau 2).

Tableau 2 : Principales variétés d'ignames *D.alata* introduites ou créées par l'INRA (d'après Bonhomme 2006).

Variété <i>D. alata</i>	Origine	Introduction	Sensibilité à l'antracnose et contournement de résistances
Belep	N. Calédonie	1973	
Oriental	Trinidad	1980	
Kinabayo	Philippines	1980	
Lupias	N. Calédonie	1975	sensible
Florido	Porto-Rico		tolérant
Pacala	Pacifique	1970-1975	Sensible
Tahiti/ An ba bon	Pacifique	1970-1975	1995 (reste tolérant)
Pyramide	Inde	1975	1980
Plimbite	Haïti	1980	1989
Boutou	Créé INRA	2002	Quelques cas en 2007

Nécessité d'une approche intégrant génétique, pathologie et agronomie

Dès les premières introductions variétales, des recherches ont été initiées pour permettre la création, par des méthodes classiques, de nouvelles variétés de *D. alata* : recherche de déterminants de la fertilité et biologie florale (Ano et al., 2005). Face aux contournements des résistances à l'antracnose, la nécessité de rechercher des solutions plus durables a motivé le développement d'un programme de recherche sur la caractérisation génétique des résistances nécessaire pour, à terme, cumuler différents gènes de résistance au sein de nouvelles variétés (Petro et al., 2011). Parallèlement, une meilleure connaissance du champignon responsable de la maladie et de sa diversité qui lui permet d'infecter une large gamme de variétés a été nécessaire (Jacqua et al., 2008 ; Ripoche et al., 2008). Une collection des isolats de champignons de Guadeloupe et Martinique a été établie et a permis la mise au point de tests biologiques standardisés permettant d'évaluer le degré de sensibilité des variétés (Onyeka et al., 2006a, b). Ces travaux sont poursuivis pour mieux caractériser les résistances des variétés existantes et choisir parmi les créations nouvelles les mieux armées pour les différents types de pathogènes auxquels elles seront confrontées. Afin d'assurer la durabilité de leurs résistances, les nouvelles variétés devront être diffusées avec des recommandations de pratiques culturales facilitant l'expression des résistances des plantes, réduisant la pression des pathogènes et ravageurs ou limitant leur diffusion.

Une autre arme : la lutte biologique

La lutte biologique vise la régulation des populations de parasites ou ravageurs des cultures par la compétition, la prédation ou le parasitisme du ravageur par des ennemis naturels. Ces procédés ont été particulièrement développés aux Antilles pour lutter contre des insectes ravageurs des cultures en utilisant des vers microscopiques, les nématodes, qui se développent à l'intérieur des insectes. Les travaux dans ce domaine nécessitent la mise en œuvre de deux démarches : comprendre comment attirer ou piéger les insectes et ensuite identifier le parasite qui leur sera fatal. Ce type de recherche a démarré dès 1986, pour lutter contre le charançon du bananier (Chabrier et al. 2002). Cette technique permet maintenant de lutter aussi contre le charançon des agrumes. Les études sont en cours pour la patate douce (Denon et Mauléon, 2004) et initiées pour les dachines. Les sols des Antilles hébergeant une grande diversité de nématodes pouvant potentiellement parasiter les insectes, une prospection systématique a permis de créer un soucier et élaborer une base de donnée géoréférencée.

Atténuer certaines contraintes du milieu concerne toutes les cultures

Les contraintes imposées par l'environnement physique et chimique affectent différentes espèces de plantes cultivées. Pour certaines de ces contraintes, des réponses génétiques évoquées plus haut restent possibles mais le plus souvent il faut étudier les processus mis en jeu dans les interactions plantes-environnement pour expliciter l'impact de ces contraintes et développer les techniques permettant de les atténuer.

De la maîtrise des contraintes des sols à l'identification des terroirs

Piloter entre manques et excès d'eau

L'ouverture des premiers périmètres irrigués en Grande Terre (Guadeloupe) et l'essor consécutif des cultures maraîchères ont vite révélé la nécessité de raisonner l'irrigation et les risques liés à l'utilisation d'une ressource en eau mal maîtrisée. Dans le cas de l'irrigation en Vertisols, les difficultés d'appréciation des quantités d'eau à apporter sont d'autant plus marquées que les symptômes d'excès d'eau sont peu différents de ceux du manque d'eau. Là encore le travail de recherche en amont, par l'analyse détaillée des processus mise en jeu dans le sol, a permis de montrer que dans ces sols très argileux, tout stockage ou départ d'eau se traduisait par un changement d'épaisseur de la couche de sol concernée et que par conséquent la mesure de sa réserve hydrique pouvait être réalisée par un capteur enregistrant ses variations d'épaisseur. Le capteur « Theresa[®] » a ainsi été mis au point et permet de piloter l'irrigation des sols argileux gonflants (Figure 3). Il permet de maintenir les apports d'eau dans la gamme étroite permise par la capacité de rétention du sol (Cabidoche et Ozier-Lafontaine, 1995).

Amendement calcique "durable"

Paradoxe, l'amendement est par définition l'amélioration durable des propriétés du sol. Pour autant, s'agissant des sols acides tropicaux, un amendement calcique trop abondant – si l'on cherche par exemple à ramener le pH du sol à la neutralité – devient préjudiciable en provoquant des déséquilibres de minéraux disponibles pour les plantes et en affectant la stabilité des agrégats du sol. Nous avons ainsi montré qu'il était préférable, avec le chaulage, de se contenter de ramener la quantité d'aluminium échangeable à un niveau supportable par les cultures envisagées. Pour atteindre une saturation aluminique acceptable, la remontée requise du pH est variable selon les sols (Figure 4a). Ces travaux ont permis d'élaborer les règles de dosage et d'épandage (Figure 4b) à la base de la subvention et des recommandations de mise en œuvre par les opérateurs (Cabidoche et Van Oort, 1990). Le calcul du chaulage ne requiert ici que deux mesures simples : le pH_{KCl} et la teneur en carbone organique. L'amendement durable n'est donc pas celui qui relèvera le pH pendant la durée la plus longue, mais bien celui dont l'effet, limité dans le temps à 4 ou 5 ans, maintiendra les sols légèrement acides, en contrôlant l'éventuelle toxicité aluminique et en maintenant les équilibres minéraux.

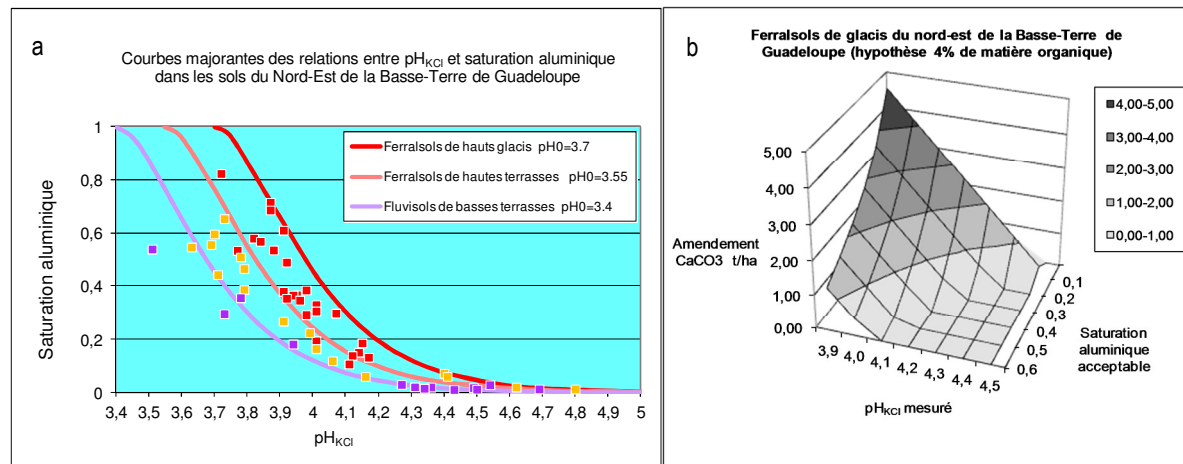
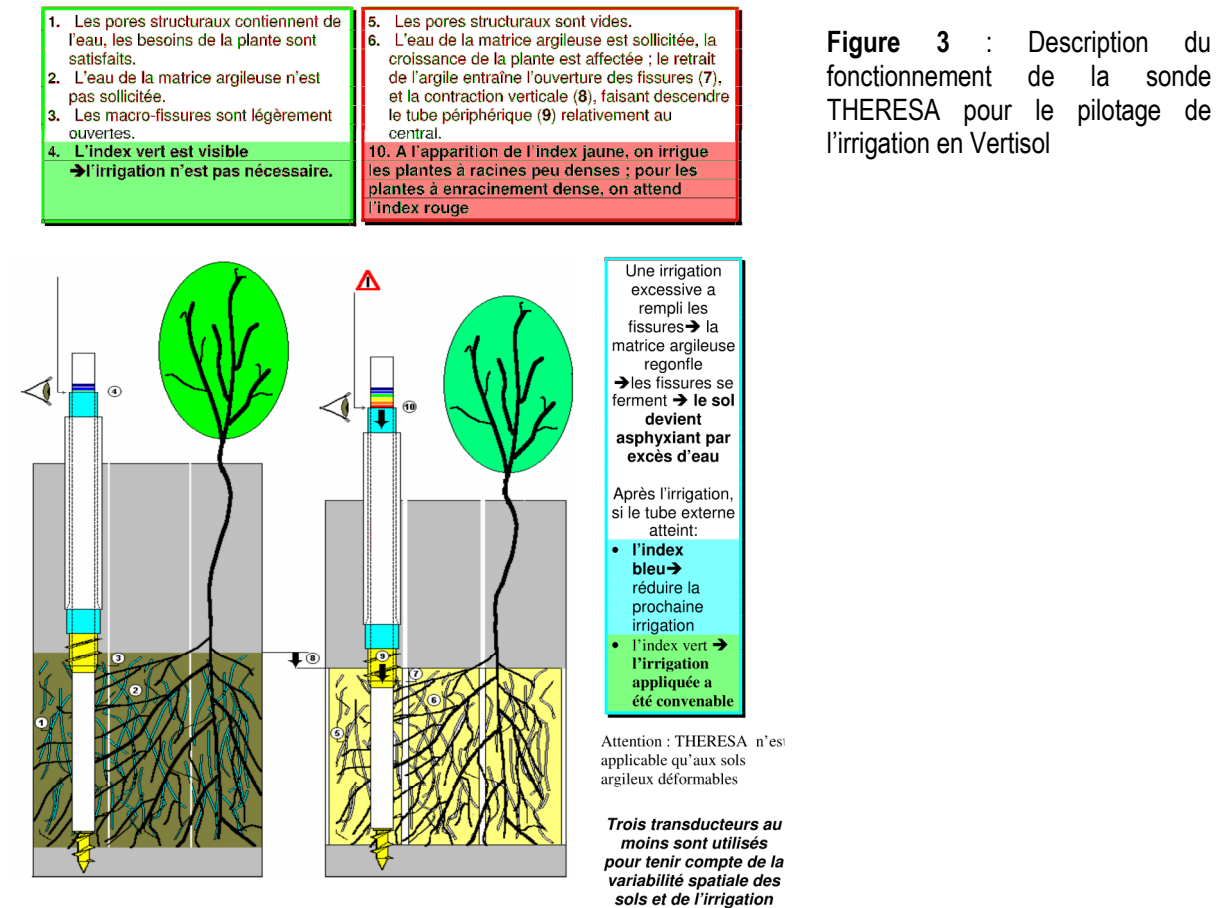


Figure 4 : Utilisation d'une relation caractéristique des sols établie en laboratoire pour raisonner le chaulage d'un ferralsol de Guadeloupe

a : Relations établies entre une variable mesurable en laboratoire (pH_{KCl}) et le degré de saturation aluminique (toxique) dans le sol. Pour chaque sol, le pH à atteindre pour limiter la saturation aluminique à un niveau acceptable est différent (Le pH_0 , paramètre de chaque courbe, correspond à 100% de saturation).

b : Abaque de chaulage des ferralsols de glacis de Guadeloupe, avec du calcaire corallien broyé (ressource locale) à solubilité lente. Pour cultiver de la tomate (saturation aluminique maximale admissible 0.1) sur un sol de pH_{KCl} 4.0, on devra apporter 4t/ha d'amendement calcaire.

Préserver la Matière Organique

La décomposition de la matière organique est rapide dans les conditions tropicales et tout travail du sol ne fait que l'accélérer, raccourcissant la longévité de la fraction la plus facile à décomposer. Ce constat confirme tout d'abord que le travail du sol doit être le plus réduit possible afin d'éviter une dégradation trop rapide de la matière organique. Il apparaît de plus comme indispensable de rechercher des solutions pour sauvegarder la matière organique existante et restituer de la matière organique au sol.

Suite aux travaux conduits depuis de nombreuses années, les dynamiques des matières organiques dans les différents sols des Antilles sont maintenant bien évaluées. Pour la Guadeloupe, l'ensemble de ces connaissances a été synthétisé et a permis le renseignement de MorGwanik, un calculateur de l'évolution de la matière organique pour différentes cultures et les différents sols accessible sur internet (Sierra et Publicol, 2011) (Figure 5).

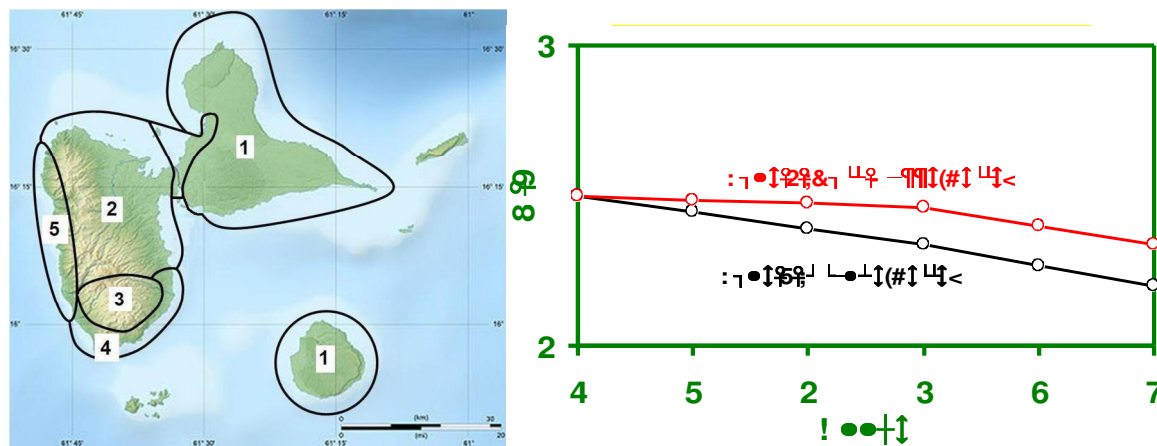


Figure 5 : Calcul de l'évolution de la matière organique du sol (%C) dans deux zones pédoclimatiques de Guadeloupe (présentées sur la carte de gauche) pour une succession de 3 années de culture de canne à sucre suivie de 2 années de culture d'igname

Par ailleurs, afin de répondre au double besoin d'apport de matière organique et de valorisation/élimination des déchets, de nombreuses études ont été menées afin de caractériser la décomposition de la matière organique dans les sols et d'évaluer les possibilités d'utilisation de différentes sources pouvant simultanément contribuer à la lutte contre la pollution et au recyclage de déchets, éminemment souhaitables dans notre contexte insulaire. Ces travaux ont abouti aux premières recommandations pour la réalisation de compost et les potentialités de plusieurs sources de matière organique ont été évaluées : déchet verts, cendres de bagasse, boues de stations d'épuration. Pour peu que l'on en respecte les dosages et modalités d'apport toutes peuvent être utilisées dans l'agriculture guadeloupéenne.

L'expertise acquise sur les sols tropicaux a depuis été mobilisée dans diverses expertises concernant les potentialités de l'agriculture biologique en Martinique (François et al., 2005), l'évaluation de la contamination des sols par la chlordécone (Cabidoche et al., 2006) ou la description de l'IGP pour la production de melons de Guadeloupe.

Vers des pratiques assurant plusieurs services

Maintenir une couverture inerte du sol

Les paillages (ou «mulch») de différentes natures modifient les processus près de la surface du sol. Les effets les plus souvent admis sont la limitation du développement des mauvaises herbes, la conservation de l'eau du sol, la limitation des contacts culture/sol, la modification de la dynamique thermique. Alors que l'usage des paillages plastiques ou végétaux se développait dans le monde, nous avons évalué les potentialités de cette technique (Sinoquet et al., 1987). Si le film plastique offre un très bon potentiel pour limiter les adventices et conserver l'eau du sol, les conditions climatiques des Antilles sont telles qu'il génère des températures de plus de 50 °C dans les premiers centimètres de sol. Ces conditions permettent d'envisager l'utilisation des films plastique pour la solarisation (élimination par la chaleur de certaines graines d'adventices et pathogènes du sol) non sans effet négatif sur la faune utile. En maraîchage, il restera réservé aux cultures peu sensibles aux fortes températures (melon, ananas). Les cultures sensibles, comme l'igname, peuvent subir des pertes importantes. Jusqu'à 30 % de pertes sont observées en parcelles par échaudage des apex au moment de la levée.

L'autre technique de couverture fréquemment utilisée en agriculture tropicale est le paillage formé de résidus végétaux, typiquement aux Antilles, de feuilles de cannes. L'INRA a mené une étude complète de ces paillages et montré toutes les potentialités de cette couverture pour la conservation de l'eau, la réduction des températures du sol et la réduction des adventices (Bussière et Cellier, 1994). Alors que les feuilles de canne étaient quasi systématiquement brûlées lors de la récolte de canne en Guadeloupe, cette pratique est devenue beaucoup moins fréquente. Si les impacts de ces paillages sont maintenant bien connus, leur mise en oeuvre n'est pas toujours aisée. Le premier frein vient de la disponibilité de la ressource : il n'est généralement pas souhaitable ni efficace de soustraire des résidus de récolte à leur site d'origine pour les appliquer sur une autre parcelle. Le second frein vient de la difficulté de manutention et transport du matériau lorsqu'il n'est pas produit sur ou à proximité du site d'utilisation.

Compte-tenu des défauts ou difficultés posées par les paillages plastiques ou de canne, nous avons recherché un matériau susceptible de combiner capacité de couverture et de biodégradation : le papier Kraft déjà disponible sous forme de rouleau pour la fabrication de cartons ondulés, semblait remplir le cahier des charges. Les premiers essais menés dès 2009 dans différents contextes en Guadeloupe sont encourageants : pour une même couverture de sol le niveau de maîtrise des adventices est proche de celui des films plastiques ; il ne provoque pas d'échauffement important du sol et sa longévité est suffisante pour accompagner une saison de culture d'igname (Tableau 3). Il se dégrade facilement lorsqu'il est incorporé au sol et n'apporte aucun élément toxique (test effectué sur les papiers pour l'ensemble des provenances disponibles en Guadeloupe). En l'état actuel de sa disponibilité en Guadeloupe, son coût reste compétitif par rapport aux autres techniques de paillage. Développer l'usage de cette pratique nécessitera une réflexion et une adaptation des pratiques de préparation de sol, de conditionnement, de pose et de maintien du papier au sol.

Tableau 3 : Performances des différents paillages pour un cycle d'igname Kabusa cultivé en Nord Basse-Terre ; le bilan de temps de travail tient compte de la pose des paillages sur les billons et du sarclage manuel.

Couverture sol	Levée (%)	Diminution adventices (%)	Temps de travail (h/ha)
Témoin	> 95	0	0
Paillage végétal	> 95	- 75	- 289
Paillage plastique	< 70	- 75	- 283
Paillage papier	> 95	- 74	- 134

Associer des plantes

L'INRA des Antilles a commencé à travailler dès les années 90 sur les associations culturales, étudiant d'abord les problèmes de compétition aérienne ou souterraine entre espèces (Sinoquet et Cruz, 1995, Ozier-Lafontaine et al., 1998), puis réalisant les premiers essais en parcelles agricoles. Ces études ont permis de comprendre les règles régissant les interactions entre les plantes : la compétition aérienne est quantifiable et maîtrisable, la compétition souterraine dépend des zones d'exploration racinaire de chaque espèce et de leur capacité à absorber préférentiellement l'eau et les éléments nutritifs. Les intérêts des couverts associés pour la maîtrise des bioagresseurs a fait l'objet de nombreuses études et les combinaisons d'espèces, fortement dépendantes des pathosystèmes en jeu peuvent être multiples (Malézieux et al., 2009). Le choix des plantes à conduire en association peut donc être éclairé par ces travaux antérieurs. Un logiciel d'aide au choix de plantes en fonction des services recherchés s'appuyant sur les travaux de l'INRA et la bibliographie est en cours d'élaboration (SIMSERV).

Plus récemment nous avons montré que le bénéfice que pouvait apporter une plante légumineuse aux plantes voisines ne se limitait pas seulement à la restitution des résidus lors de la sénescence et de la taille des parties aériennes mais devait aussi beaucoup à la sénescence racinaire consécutive à une taille. De plus, les transferts directs de l'azote fixé par une légumineuse pérenne à ses voisines (rhizodéposition) peuvent représenter une proportion significative de l'azote total consommé par ces plantes (Jalonen et al., 2009).

Aux Antilles, la pratique d'association de cultures ou de plantes de service existait dans les pratiques traditionnelles et se développe progressivement pour certaines cultures, par exemple dans les systèmes de culture bananiers ou pour l'élevage avec des haies agroforestières en bordure de parcelle. Pour d'autres cultures, comme l'igname, si l'on excepte le cas particulier des jardins créoles, les essais que nous avons réalisés confirment ce qui avait été observé en Afrique : les variétés d'igname actuellement cultivées, handicapées par la faible efficacité de leur système racinaire, sont peu adaptées à la culture en association.

Conclusion

Les innovations proposées au monde agricole dans le domaine des cultures vivrières et maraîchères apparaissent comme fortement diversifiées par leur champ d'utilisation : certaines concernent simplement une culture ou un couple culture/maladie, d'autres ont des champs d'application beaucoup plus vastes comme la gestion des ressources à l'échelle d'un territoire. Les durées qui ont été nécessaires à leur élaboration sont tout aussi variées : plus de 20 ans pour certaines ayant nécessité plusieurs études scientifiques en amont et seulement 2-3 années pour celles qui ont pu être testées rapidement sur la base de savoirs existants. Les délais imposés par le processus de recherche et de mise au point des innovations restent donc très variables et doivent faire l'objet de discussions transparentes entre les acteurs. Les connaissances acquises depuis une vingtaine d'années et capitalisées à l'INRA nous permettent maintenant de répondre assez rapidement aux questionnements sur la nutrition des plantes ou leurs impacts environnementaux. Les réponses à apporter resteront d'autant plus spécifiques que des processus biologiques concernant des systèmes encore peu connus sont impliqués. Dans ce cas, l'anticipation du développement de travaux de recherche en amont joue un rôle primordial. Ces contraintes couplées à la nécessité de répondre aux multiples enjeux des agroécosystèmes plaident pour une concertation accrue des différents acteurs pour la définition, l'élaboration et la mise en œuvre des innovations.

Références bibliographiques

- Ano G., Gélabale J., Marival P., 2005. L'igname *D. alata*, la génétique et l'anthracnose en Guadeloupe, contribution de l'INRA : passage de la collecte introduction à la création de variétés résistantes. *Phytoma : la défense des végétaux*. 584, 36-39
- Arnau G., Némorin A., Maledon E., Abraham K. 2009. Revision of ploidy status of *Dioscorea alata* L. (Dioscoreaceae) by cytogenetic and microsatellite segregation analysis. *Theoretical & Applied Genetics* 118, 1239-1249.
- Arnau G., Abraham K., Sheela M.N., Chaïr H., Sartie A., Asiedu R., 2010. Yams. In *Root and Tuber Crops. Handbook of Plant Breeding Vol. 7*. Bradshaw, J.E (Ed.). 127-148.
- Arnolin R., Degras L., 1984. In vitro culture : results and prospects for food yams. In 6th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops (ISTRC). International Potato center (CIP), Lima, Pérou. 6, 641.
- Blazy J-M., Ozier-Lafontaine H., Doré T., Thomas A., Wery J., 2009. A methodological framework that accounts for farm diversity in the prototyping of crop management systems. Application to banana-based systems in Guadeloupe. *Agricultural Systems* 101, 30-41.
- Boissot N., Urbino C., Dintinger J., Pavis C., 2008. Vector and graft inoculations of Potato yellow mosaic virus reveal recessive resistance in *Solanum pimpinellifolium*. *Annals of Applied Biology* 152, 263-269.
- Boissot N., Thomas S., Sauvion N., Marchal C., Pavis C., Dogimont C., 2010. Mapping and validation of QTLs for resistance to aphids and whiteflies in melon. *Theoretical & Applied Genetics*. 121, 117-125.
- Bonhomme R., 2006. Recherches sur l'igname en Guadeloupe, Synthèse et inventaire bibliographique. Editions INRA, Centre Antilles Guyane, Petit-Bourg, France. 75 p.
- Bussière F., Cellier P., 1994. Modification of the soil temperature and water content regimes by a crop residue mulch – Experiment and modelling. *Agricultural and Forest Meteorology* 68(1-2), 1-28.
- Cabidoche Y.-M., van Oort F., 1990. Caractérisation d'unités cartographiques de sols par des lois de relations entre variables d'état. Cas des sols ferrallitiques de Guadeloupe. Résumé in : "2es Journées Nationales de l'Etude des Sols", actes du colloque, Orléans, 19-21 novembre 1990. Ed. AFES, Plaisir.
- Cabidoche Y.-M., Ozier-Lafontaine H. 1995. Theresa .1. Matric Water Content Measurements through Thickness Variations in Vertisols. *Agricultural Water Management* 28 (2), 133-147.
- Cabidoche Y.-M., Jannoyer M., Vanniere H., 2006. Conclusions du Groupe d'Etude et de Prospective « Pollution par les organochlorés aux Antilles ». Aspects agronomiques. APC INRA Antilles- Guyane et CIRAD-FLHOR Montpellier, 55p. +annexes.
- Chabrier C., Mauléon H., Quénéhervé P. 2002. Combination of *Steinernema carpocapsae* (Weiser) and pheromone lure : a promising strategy for biological control of the banana black weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) on banana in Martinique. *Nematology* 4, 190-191.
- Clermont-Dauphin C., Cabidoche Y.-M., Meynard J.-M., 2004. Effects of intensive mono-cropping of bananas on properties of volcanic soils in the uplands of the French West Indies. *Soil Use and Management* 20, 105-113.
- Daudin D., Sierra J., 2008. Spatial and temporal variation of below-ground N transfer from a leguminous tree to an associated grass in an agroforestry system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 126, 275-280.
- Defèche C., 2005. Diversité des pratiques agrotechniques des producteurs d'igname en Guadeloupe INRA, UPROFIG (Union des Producteurs de la Filière Igname en Guadeloupe), SAFER (Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural), Chambre d'Agriculture de Guadeloupe, SUAD (Service d'Utilité Agricole et de Diversification), Edition INRA Antilles-Guyane, UR ASTRO, Petit-Bourg, Guadeloupe.
- Degras L., 1986. L'igname, plante à tubercule tropicale. Mazonneuve et Larose, Agence de Coopération Culturelle et Technique, Paris, France, pp 408.
- Denon D., Mauléon H., 2004. The sweet potato weevil on Guadeloupe *Cylas formicarius* threatens crop survival. *Phytoma : la Défense des Végétaux*, 14-15.

François M., Moreau R., Sylvander B., 2005. Agriculture biologique en Martinique : quelles perspectives de développement ? Editions IRD, Paris, (expertise collégiale) Paris, IRD, 379 p.

Jacqua G., Salles, M., Poliphème F., Pallud M., 2008. Anthracnose de l'igname : trois données sur son épidémiologie aux Antilles - Comment le champignon responsable pénètre dans les plantes, comment il se disperse, et sur quelles plantes hôte on peut le trouver. *Phytoma : la Défense des Végétaux* 617, 26-28.

Jalonen R., Nygren P., Sierra J., 2009. Transfer of nitrogen from a tropical legume tree to an associated fodder grass via root exudation and common mycelial networks. *Plant, Cell & Environment* 32, 1366-1376.

Lafortune D., Bérarnis M., Daubèze A. M., Boissot, N., Palloix A., 2005. Partial resistance of pepper to bacterial wilt is oligogenetic and stable under tropical conditions. *Plant Disease* 8, 502-506.

Malézieux E., Crozat Y., Dupraz C., Laurans M., Makowski D., Ozier-Lafontaine H., Rapidel B., de Tourdonnet S., Valantin-Morison M., 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 43-62.

Onyeka T.J., Péto D., Etienne S., Jacqua G., Ano G., 2006. Optimizing controlled environment assessment of levels of resistance to yam Anthracnose disease using tissue culture-derived whole plants. *Journal of Phytopathology* 154, 286-292.

Onyeka T. J., Péto D., Ano G., Etienne S., Rubens S., 2006. Resistance in water yam (*Dioscorea alata*) cultivars in the French West Indies to anthracnose disease based on tissue culture-derived whole-plant assay. *Plant Pathology* 55, 671-678.

Ozier-Lafontaine H., Lafolie F., Bruckler L., Tournebize R., Mollier A., 1998. Modeling competition for water in intercrops: theory and comparison with field experiments. *Plant and Soil* 204, 183-201.

Petro D., Onyeka T. J., Etienne S., Rubens S., 2011. An intraspecific genetic map of water yam (*Dioscorea alata* L.) based on AFLP markers and QTL analysis for anthracnose resistance. *Euphytica* 179, 405-416.

Ripoche A., Jacqua G., Bussière F., Guyader S., Sierra G., 2008. Survival of *Colletotrichum gloeosporioides* (causal agent of yam anthracnose) on yam residues decomposing in soil. *Applied Soil Ecology* 38, 270-278.

Sinoquet H., Cruz P., 1995. Ecophysiology of tropical Intercropping. Editions INRA, PARIS, 484 p.

Sinoquet H., Mignard E. Bonhomme R., 1987. Modélisation et potentialités du chauffage solaire des sols par paillage artificiel à la Guadeloupe. *Agronomie* 7-8, 613-621.

Sierra J., Publicol M., 2011. MorGwanik, un outil pour évaluer la gestion de la matière organique dans le sols de Guadeloupe. Colloque « Innovations et agriculture antillaise durable – Antilles- 3-4 novembre 2011 ». Poster

Swaminathan M.S., 1986. Building national and global food security system. In M.S. Swaminathan and S.K. Sinha (eds). *Global Aspects of Food Production*. Tycooly press, India, 417-449.

Vaillant V., Bade P., Constant C., 2005. Photoperiod affects the growth and development of yam plantlets obtained by in vitro propagation. *Biologia Plantarum* 49, 355-359.